

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-208156

(43)Date of publication of application : 28.07.2000

(51)Int.Cl.

H01M 8/02

H01M 8/04

H01M 8/10

(21)Application number : 11-005437

(22)Date of filing : 12.01.1999

(71)Applicant : TOSHIBA CORP

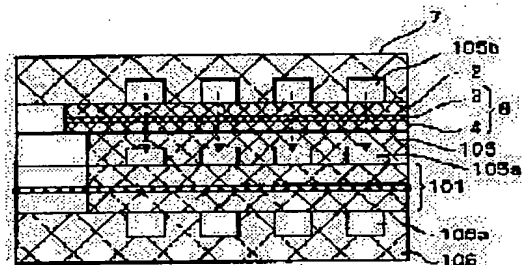
(72)Inventor : KOGAMI TAJI  
SAITO KAZUO  
SHIMOTORI SOICHIRO  
OMA ATSUSHI  
MUNEUCHI ATSUO  
HORI MICHIO

## (54) SOLID POLYMER FUEL CELL SYSTEM

## (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a compact and inexpensive solid polymer fuel cell system not allowing degradation of battery characteristics even when humidifying water including impurities is used, and allowing a rapid start without causing damage to the system even in an environment where the outside air temperature is below the freezing point.

**SOLUTION:** This solid polymer fuel cell system generates electric power by an electrochemical reaction of a fuel gas and an oxidizer gas caused by supplying the fuel gas and the oxidizer gas to a solid polymer fuel cell stack wherein plural unit cells 101 each configured such that a solid polymer electrolyte film are sandwiched between a fuel electrode and an oxidizer electrode are stacked through gas impermeable separators 105, 106 having fuel gas supply passages 105a and oxidizer gas supply passages 106a for supplying the fuel gas and the oxidizer gas to the fuel electrodes and the oxidizer electrodes. A composite membrane 8 comprises a reverse osmotic membrane 3 allowing selective permeation of only water and an osmotic evaporating membrane 4 allowing evaporation of permeated water into the membrane 4 from a membrane surface, while the reaction gas is humidified by supplying humidifying water to the reverse osmotic membrane 3 side and the reaction gas to the osmotic evaporating membrane 4 side through the composite membrane 8.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

(19)日本国特許庁 (J P)

## (12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2000-208156

(P2000-208156A)

(43)公開日 平成12年7月28日(2000.7.28)

(51)Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テマコード <sup>*</sup> (参考)
H 0 1 M	8/02	H 0 1 M	8/02
	8/04		8/04
	8/10		8/10
			E 5 H 0 2 6
			C 5 H 0 2 7
			K

審査請求 未請求 請求項の数11 O L (全 12 頁)

(21)出願番号 特願平11-5437

(22)出願日 平成11年1月12日(1999.1.12)

(71)出願人 000003078

株式会社東芝

神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

(72)発明者 小上 泰司

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株式会社東芝研究開発センター内

(72)発明者 齊藤 和夫

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株式会社東芝研究開発センター内

(74)代理人 100058479

弁理士 鈴江 武彦 (外6名)

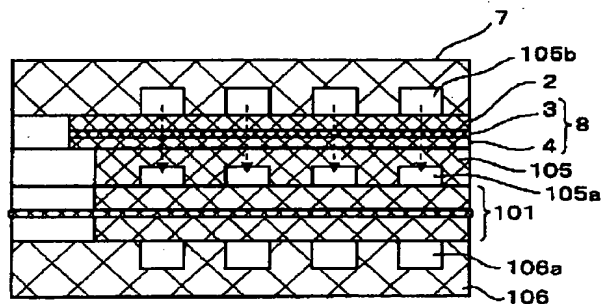
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 固体高分子型燃料電池システム

## (57)【要約】

【課題】不純物を含む加湿水を使用しても電池特性が低下することがなく、また外気温が氷点下になるような環境下に置かれた場合でも、システムにダメージを与えずに短時間で起動することができ、さらにコンパクトで安価とすること。

【解決手段】燃料極・酸化剤極間に固体高分子電解質膜を挟持させてなる単電池101を、燃料極・酸化剤極に燃料ガス・酸化剤ガスを供給する燃料ガス供給通路105a・酸化剤ガス供給通路106aを有するガス不透過性のセパレータ105,106を介して複数積層して成る固体高分子型燃料電池スタックに、燃料ガス・酸化剤ガスを供給して両者の電気化学的反応により発電を行う固体高分子型燃料電池システムにおいて、水だけが選択的に透過する逆浸透膜3と膜内に浸透した水が膜表面から蒸発する浸透気化膜4とからなる複合膜8を介して、逆浸透膜3側に加湿水を、浸透気化膜4側に反応ガスを夫々供給することにより、反応ガスを加湿する。



1

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 燃料極および酸化剤極からなる一対のガス拡散電極間に固体高分子電解質膜を挟持させてなる単電池を、前記燃料極および酸化剤極に反応ガスである燃料ガスおよび酸化剤ガスを供給するための燃料ガス供給通路および酸化剤ガス供給通路を有するガス不透過性のセパレータを介して複数積層して成る固体高分子型燃料電池スタックを備え、前記固体高分子型燃料電池スタックに燃料ガスおよび酸化剤ガスを供給して両者の電気化学的反応により発電を行ない電氣的出力を発生する固体高分子型燃料電池システムにおいて、

水だけが選択的に透過する逆浸透膜または限外濾過膜と膜内に浸透した水が膜表面から蒸発する浸透気化膜とからなる複合膜を介して、前記逆浸透膜または限外濾過膜側に加湿水を、前記浸透気化膜側に反応ガスをそれぞれ供給することにより、反応ガスを加湿するようにしたことを特徴とする固体高分子型燃料電池システム。

【請求項2】 前記請求項1に記載の固体高分子型燃料電池システムにおいて、

前記加湿水として凝固点降下剤を混合した不凍液を供給して、反応ガスを加湿するようにしたことを特徴とする固体高分子型燃料電池システム。

【請求項3】 燃料極および酸化剤極からなる一対のガス拡散電極間に固体高分子電解質膜を挟持させてなる単電池を、前記燃料極および酸化剤極に反応ガスである燃料ガスおよび酸化剤ガスを供給するための燃料ガス供給通路および酸化剤ガス供給通路を有するガス不透過性のセパレータ、および冷却水が流通する冷却板を介して複数積層して成る固体高分子型燃料電池スタックを備え、前記固体高分子型燃料電池スタックに燃料ガスおよび酸化剤ガスを供給して両者の電気化学的反応により発電を行ない電氣的出力を発生する固体高分子型燃料電池システムにおいて、

前記燃料ガス供給通路または酸化剤ガス供給通路のうちの少なくとも一方の反応ガス供給通路と前記冷却板に形成された冷却水供給通路とを、水だけが選択的に透過する逆浸透膜または限外濾過膜と膜内に浸透した水が膜表面から蒸発する浸透気化膜とからなる複合膜により少なくとも隔離し、前記逆浸透膜または限外濾過膜側に冷却水を、前記浸透気化膜側に反応ガスをそれぞれ供給することにより、反応ガスを加湿するようにしたことを特徴とする固体高分子型燃料電池システム。

【請求項4】 燃料極および酸化剤極からなる一対のガス拡散電極間に固体高分子電解質膜を挟持させてなる単電池を、前記燃料極および酸化剤極に反応ガスである燃料ガスおよび酸化剤ガスを供給するための燃料ガス供給通路および酸化剤ガス供給通路を有するガス不透過性のセパレータ、および冷却水が流通する冷却板を介して複数積層して成る固体高分子型燃料電池スタックを備え、前記固体高分子型燃料電池スタックに燃料ガスおよび酸

2

化剤ガスを供給して両者の電気化学的反応により発電を行ない電氣的出力を発生する固体高分子型燃料電池システムにおいて、

前記燃料ガス供給通路または酸化剤ガス供給通路のうちの少なくとも一方の反応ガス供給通路と前記冷却板に形成された冷却水供給通路とを、水だけが選択的に透過する逆浸透膜または限外濾過膜と膜内に浸透した水が膜表面から蒸発する浸透気化膜とからなる複合膜により少なくとも隔離し、前記逆浸透膜または限外濾過膜側に冷却水を、前記浸透気化膜側に反応ガスをそれぞれ供給すると共に、前記冷却水として凝固点降下剤を混合した不凍液を供給することにより、反応ガスを水蒸気加湿するようにしたことを特徴とする固体高分子型燃料電池システム。

【請求項5】 前記請求項1乃至請求項4のいずれか1項に記載の固体高分子型燃料電池システムにおいて、前記水だけが選択的に透過する逆浸透膜または限外濾過膜と膜内に浸透した水が膜表面から蒸発する浸透気化膜とからなる複合膜を、前記浸透気化膜側に撥水性の多孔質体に少なくとも支持するようにしたことを特徴とする固体高分子型燃料電池システム。

【請求項6】 前記請求項1乃至請求項4のいずれか1項に記載の固体高分子型燃料電池システムにおいて、前記水だけが選択的に透過する逆浸透膜または限外濾過膜と膜内に浸透した水が膜表面から蒸発する浸透気化膜とからなる複合膜を、前記逆浸透膜または限外濾過膜側で親水性の多孔質体に少なくとも支持するようにしたことを特徴とする固体高分子型燃料電池システム。

【請求項7】 燃料極および酸化剤極からなる一対のガス拡散電極間に固体高分子電解質膜を挟持させてなる単電池を、前記燃料極および酸化剤極に反応ガスである燃料ガスおよび酸化剤ガスを供給するための燃料ガス供給通路および酸化剤ガス供給通路を有するガス不透過性のセパレータ、および冷却媒体が流通する冷却板を介して複数積層して成る固体高分子型燃料電池スタックを備え、

前記燃料ガスとして水素または水素を含有するガスを、前記酸化剤ガスとして空気を、前記冷却媒体として凝固点降下剤を水に含有する不凍液をそれぞれ供給して両者の電気化学的反応により発電を行ない電氣的出力を発生する固体高分子型燃料電池システムにおいて、前記固体高分子型燃料電池スタック上流側の燃料ガス供給経路または酸化剤ガス供給経路のうちの少なくとも一方に反応ガス加湿ユニットを設け、前記反応ガス加湿ユニットは、選択的に水分を透過する水分透過膜を介して前記冷却媒体と燃料ガスまたは酸化剤ガスとを接触させて成ることを特徴とする固体高分子型燃料電池システム。

【請求項8】 前記請求項7に記載の固体高分子型燃料電池システムにおいて、

10

20

30

40

50

前記反応ガス加湿ユニットは、前記固体高分子型燃料電池スタックに一体化していることを特徴とする固体高分子型燃料電池システム。

【請求項9】 前記請求項7に記載の固体高分子型燃料電池システムにおいて、

前記冷却媒体は、前記固体高分子型燃料電池スタックを通過した後に前記反応ガス加湿ユニットへ供給するようにしたことを特徴とする固体高分子型燃料電池システム。

【請求項10】 前記請求項7に記載の固体高分子型燃料電池システムにおいて、

前記燃料ガスの排出経路または酸化剤ガスの排出経路のうちの少なくとも一方に、凝縮水をトラップする手段を設け、

前記凝縮水を前記冷却媒体に供給する手段を設けたことを特徴とする固体高分子型燃料電池システム。

【請求項11】 前記請求項10に記載の固体高分子型燃料電池システムにおいて、

前記冷却媒体に含まれる凝固点降下剤の濃度が一定となるように、前記凝縮水の供給量を制御する手段を設けたことを特徴とする固体高分子型燃料電池システム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、固体高分子膜を電解質として用いた固体高分子型燃料電池スタックを備えた固体高分子型燃料電池システムに係り、特に固体高分子型燃料電池スタックに供給する反応ガスである燃料ガスおよび酸化剤ガスの加湿手段を改良した固体高分子型燃料電池システムに関するものである。

【0002】

【従来の技術】一般に、燃料電池は、反応ガスである水素等の燃料ガスと空気等の酸化剤ガスを電気化学的に反応させることにより、燃料の持つ化学エネルギーを直接電気エネルギーに変換する装置である。この燃料電池は、電解質の違い等により様々なタイプのものに分類されるが、その一つとして、電解質に固体高分子膜を用いた固体高分子型燃料電池が知られている。

【0003】図8は、この種の固体高分子型燃料電池における固体高分子型燃料電池スタックの基本構成（単位電池構成）の一例を示す模式断面図である。

【0004】図8において、固体高分子型燃料電池は、イオン導電性を有する固体高分子電解質膜（以下、固体高分子膜と称する）102を挟んで配置した燃料極（以下、アノード電極と称する）103、および酸化剤極（以下、カソード電極と称する）104からなる単電池101と、それぞれの電極に反応ガスである燃料ガスおよび酸化剤ガスを供給するための燃料ガス供給通路105a、酸化剤ガス供給通路106aをそれぞれ設けた導電性を有するガス不透過性の燃料ガス供給通路付きセパレータ105、酸化剤ガス供給通路付きセパレータ10

6とから基本的に構成されている。

【0005】ここで、アノード電極103は、アノード触媒層103aとアノード多孔質カーボン平板103bとから、またカソード電極104は、カソード触媒層104aとカソード多孔質カーボン平板104bとからそれぞれ形成されている。

【0006】さらに、アノード電極103側の反応ガス供給通路付きセパレータ105の反応ガス供給通路の裏面には、冷却媒体である冷却水が流通する冷却水流通路105bが形成されている。

【0007】なお、各単位電池101毎に冷却をしない場合には、ガス不透過性の反応ガス供給通路付きセパレータとして、一方の面に酸化剤ガスを、他方の面に燃料ガスをそれぞれ供給する溝を形成したものが用いられる。

【0008】アノード電極に燃料ガスを、カソード極に酸化剤ガスをそれぞれ供給すると、単位電池101の一对の電極間で電気化学反応により起電力が生じる。通常、燃料ガスとして水素、酸化剤ガスとして空気が使用されている。

【0009】以上のような構成の固体高分子型燃料電池スタックを備えた固体高分子型燃料電池において、アノード電極103に燃料ガスを、カソード電極104に酸化剤ガスをそれぞれ供給すると、単電池101の一对の電極間で電気化学反応により起電力が生じる。ここで、通常、燃料ガスとして水素、酸化剤ガスとして空気がそれぞれ使用されている。

【0010】アノード電極103に水素、カソード電極104に空気をそれぞれ供給すると、アノード電極103では、供給された水素はアノード触媒層103aで水素イオンと電子に解離し、水素イオンは固体高分子膜102を通過して、電子は外部回路を通過して、カソード電極104にそれぞれ移動する。

【0011】一方、カソード電極104では、供給した空気中の酸素と上記水素イオンと電子が、カソード触媒層104aで反応して水を生成する。この時、外部回路を通った電子は電流となり、電力を供給することができる。すなわち、アノード電極103とカソード電極104では、それぞれ以下のような反応が進行する。なお、生成した水は、未反応ガスと共に電池外に排出される。

【0012】アノード反応： $H_2 \rightarrow 2H^+ + 2e^-$   
カソード反応： $2H^+ + 1/2O_2 + 2e^- \rightarrow H_2O$

単位電池101の起電力は、1V以下と低いため、通常は、上記セパレータ105、106を介して数十～数百枚の単位電池101を積層し、固体高分子型燃料電池スタックとして使用される。また、発電に伴って固体高分子型燃料電池スタックは発熱するが、冷却水流通路105bに供給する冷却水にて燃料電池スタックの温度コントロールを行なっている。

【0013】一方、イオン導電性を有する固体高分子膜102としては、例えばプロトン交換膜であるパーフルオロカーボンスルホン酸(ナフィオン<sup>®</sup>：米国、デュポン社)が知られている。

【0014】この固体高分子膜102は、分子中に水素イオンの交換基を持ち、飽和含水することにより、イオン導電性電解質として機能すると共に、燃料ガスと酸化剤ガスとを分離する機能も有する。

【0015】逆に、固体高分子膜102の含水量が少なくなると、イオン抵抗が高くなり、燃料ガスと酸化剤ガスとの混合(クロスオーバー)が発生し、電池での発電が不可能となる。このため、高い電池性能を得るためには、固体高分子型燃料電池では、固体高分子膜102を常に飽和含水としておくことが望ましい。

【0016】一方、発電によりアノード電極103で解離した水素イオンが、固体高分子膜102を通りカソード電極104に移動する時に、水も一緒に移動するため、アノード電極103側では、固体高分子膜102は乾燥傾向になる。

【0017】また、供給する燃料ガスまたは酸化剤ガスである空気に含まれる水蒸気が少ないと、それぞれの反応ガス入り口付近で固体高分子膜102は乾燥傾向になる。

【0018】以上のような理由から、固体高分子型燃料電池を運転する時には、以下に示すような外部加湿方式、または内部加湿方式により、反応ガスである燃料ガスおよび酸化剤ガスを加湿することが般的である。

【0019】外部加湿方式は、燃料電池に反応ガスを供給する前に、あらかじめ加湿器により反応ガスを加湿する方法である。

【0020】加湿器の例としては、タンクに蓄えた加湿水に反応ガスをバブリングして加湿するバブラー加湿方式や、反応ガスと加湿水とを水分透過膜を介して接させて加湿する膜加湿方式(例えば、特開平3-20971号)等が上げられる。上記方法において、加湿水として電池を冷却する冷却水や、反応ガスから凝縮回収した生成水が使用されている。

【0021】内部加湿方式は、電池に接して形成した反応ガス供給通路に、直接冷却水等を加湿水として直接供給する方法である。

【0022】例えば、図8において、冷却水流通路105bと反応ガス流通溝105aとを多孔性の板または膜で仕切り、冷却水を反応ガス供給通路に圧力差で押し出すことにより、反応ガスを加湿する直接膜加湿方法等がある(例えば、特開平6-68884号、特開平8-167417号)。この方法は、電池部で加湿水が蒸発するため、電池の発熱を潜熱冷却できるというメリットがある。

【0023】

【発明が解決しようとする課題】ところで、このような

従来の加湿方法では、加湿水に不純物が含まれると、不純物も加湿に伴って反応ガス側に移動し、その不純物が固体高分子膜や触媒層に吸着して電池特性を低下させる。このため、加湿水として不純物を含まない純水を使用する必要がある。

【0024】一方、加湿水として純水を用いる固体高分子型燃料電池システムでは、外気温が氷点下になるような環境下に置かれた場合、運転を休止している間にシステム内部の水が凍結するといった問題がある。例えば、バブラー式加湿方法では、タンク内に蓄えた加湿水が凍結すると、反応ガスは流れなくなり、場合によっては、タンク、配管の変形、さらには破壊といった問題が生じる恐れがある。

【0025】また、膜加湿方法、直接膜加湿方法では、加湿水配管内および加湿膜に接する加湿水流通路内で加湿水が凍結することにより、配管や加湿ユニットが破壊されるという重大な問題が生じる恐れがある。

【0026】さらに、加湿水として冷却水を使用する場合には、冷却水も必然的に純水を用いる必要があることから、固体高分子型燃料電池スタック内の冷却水配管に貯まった水が凍結する可能性があり、加湿ユニットの場合と同様に、流路の閉塞、スタックの変形、破壊といった致命的な問題に発展する恐れがある。

【0027】そこで、これらの問題を回避するために、凍結の恐れのある箇所に加熱源を設けて、凍結の可能性のある条件では常にシステムを加熱して凍結しないようにする手段の採用が考えられるが、この場合には、加熱するためのエネルギーが膨大な量になり、省エネといった観点から他のシステムに比べて非常に不利なシステムになる。

【0028】また、システム内部のダクト内にある水を空気等で吹き飛ばすといった方法も考えられるが、全部の水を確実に吹き飛ばすことは困難であり、さらにシステム立ち上げに時間がかかったり、また制御が複雑化するという問題がある。

【0029】本発明の目的は、不純物を含む加湿水を使用しても電池特性が低下することがなく、また外気温が氷点下になるような環境下に置かれた場合でも、システムにダメージを与えずに短時間で起動することが可能なコンパクトでかつ安価な固体高分子型燃料電池システムを提供することにある。

【0030】

【課題を解決するための手段】上記の目的を達成するために、請求項1の発明では、燃料極および酸化剤極からなる一対のガス拡散電極間に固体高分子電解質膜を挟持させてなる単電池を、燃料極および酸化剤極に反応ガスである燃料ガスおよび酸化剤ガスを供給するための燃料ガス供給通路および酸化剤ガス供給通路を有するガス不透過性のセパレータを介して複数積層して成る固体高分子型燃料電池スタックを備え、固体高分子型燃料電池ス

タックに燃料ガスおよび酸化剤ガスを供給して両者の電気化学的反応により発電を行ない電気的出力を発生する固体高分子型燃料電池システムにおいて、水だけが選択的に透過する逆浸透膜または限外濾過膜と膜内に浸透した水が膜表面から蒸発する浸透気化膜とからなる複合膜を介して、逆浸透膜または限外濾過膜側に加湿水を、浸透気化膜側に反応ガスをそれぞれ供給することにより、反応ガスを加湿するようにしている。

【0031】従って、請求項1の発明の固体高分子型燃料電池システムにおいては、水だけが選択的に透過する逆浸透膜または限外濾過膜と膜内に浸透した水が膜表面から蒸発する浸透気化膜とからなる複合膜を介して、逆浸透膜または限外濾過膜側に加湿水を、浸透気化膜側に反応ガスをそれぞれ供給することで反応ガスを加湿することにより、加湿水に不純物が混入しても、逆浸透膜または限外濾過膜によって不純物の透過を防止でき、水のみを浸透気化膜に移動することができる。浸透気化膜に移動した水は、反応ガス側で蒸発することにより、反応ガスを加湿することができる。この時、反応ガスに蒸発する水の量は、反応ガスの温度に応じた飽和水蒸気圧で制限されるため、反応ガス側に過剰な水を押し出すことなく、適量に反応ガスを加湿することができる。なお、複合膜を使用することにより、逆浸透膜または限外濾過膜の厚さを限界まで薄くすることができ、水の透過性能を向上することが可能となる。以上により、不純物を含んだ加湿水を使用しても、不純物を含まず反応ガスを適度に加湿することができるため、固体高分子電解質膜や触媒層にダメージを与えることがない。

【0032】また、請求項2の発明では、上記請求項1の発明の固体高分子型燃料電池システムにおいて、加湿水として凝固点降下剤を混合した不凍液を供給して、反応ガスを加湿するようにしている。

【0033】従って、請求項2の発明の固体高分子型燃料電池システムにおいては、加湿水として凝固点降下剤を混合した不凍液を供給して、反応ガスを加湿することにより、加湿水に凝固点降下剤が含まれていても、不純物（凝固点降下剤）を含まず、固体高分子電解質膜や触媒層にダメージを与えることなく、反応ガスを適度に加湿することができる。また、加湿水として不凍液を供給できると共に、不凍液から直接反応ガスを加湿できるため、反応ガスを加湿するための純水を貯めておく加湿水タンクが不要となり、外気温が氷点下になるような環境下に置かれた場合でも、システムの凍結によるダメージを受けることはなく、短時間でシステムを起動することができる。

【0034】一方、燃料極および酸化剤極からなる一対のガス拡散電極間に固体高分子電解質膜を挟持させてなる単電池を、燃料極および酸化剤極に反応ガスである燃料ガスおよび酸化剤ガスを供給するための燃料ガス供給通路および酸化剤ガス供給通路を有するガス不透過性の

セパレータ、および冷却水が流通する冷却板を介して複数積層して成る固体高分子型燃料電池スタックを備え、固体高分子型燃料電池スタックに燃料ガスおよび酸化剤ガスを供給して両者の電気化学的反応により発電を行ない電気的出力を発生する固体高分子型燃料電池システムにおいて、請求項3の発明では、燃料ガス供給通路または酸化剤ガス供給通路のうちの少なくとも一方の反応ガス供給通路と冷却板に形成された冷却水供給通路とを、水だけが選択的に透過する逆浸透膜または限外濾過膜と膜内に浸透した水が膜表面から蒸発する浸透気化膜とからなる複合膜により少なくとも隔離し、逆浸透膜または限外濾過膜側に冷却水を、浸透気化膜側に反応ガスをそれぞれ供給することにより、反応ガスを加湿するようにしている。

【0035】従って、請求項3の発明の固体高分子型燃料電池システムにおいては、燃料ガス供給通路または酸化剤ガス供給通路のうちの少なくとも一方の反応ガス供給通路と冷却板に形成された冷却水供給通路とを、水だけが選択的に透過する逆浸透膜または限外濾過膜と膜内に浸透した水が膜表面から蒸発する浸透気化膜とからなる複合膜により少なくとも隔離し、逆浸透膜または限外濾過膜側に冷却水を、浸透気化膜側に反応ガスをそれぞれ供給することで反応ガスを加湿することにより、加湿水に不純物が混入しても、逆浸透膜または限外濾過膜によって不純物の透過を防止でき、水のみを浸透気化膜に移動することができる。浸透気化膜に移動した水は、反応ガス側で蒸発することにより、反応ガスを加湿することができる。この時、反応ガスに蒸発する水の量は、反応ガスの温度に応じた飽和水蒸気圧で制限されるため、反応ガス側に過剰な水を押し出すことなく、適量に反応ガスを加湿することができる。なお、複合膜を使用することにより、逆浸透膜または限外濾過膜の厚さを限界まで薄くすることができ、水の透過性能を向上することが可能となる。以上により、不純物を含んだ加湿水を使用しても、不純物を含まず反応ガスを適度に加湿することができるため、固体高分子電解質膜や触媒層にダメージを与えることがない。さらに、反応ガス供給通路に冷却水を蒸発させる加湿方法としていることにより、別個に加湿器を必要としない。また、発電中に電池が発生する熱を、潜熱冷却で電池面内を均一冷却することができる。

【0036】また、請求項4の発明では、燃料ガス供給通路または酸化剤ガス供給通路のうちの少なくとも一方の反応ガス供給通路と冷却板に形成された冷却水供給通路とを、水だけが選択的に透過する逆浸透膜または限外濾過膜と膜内に浸透した水が膜表面から蒸発する浸透気化膜とからなる複合膜により少なくとも隔離し、逆浸透膜または限外濾過膜側に冷却水を、浸透気化膜側に反応ガスをそれぞれ供給すると共に、冷却水として凝固点降下剤を混合した不凍液を供給することにより、反応ガス

を水蒸気加湿するようにしている。

【0037】従って、請求項4の発明の固体高分子型燃料電池システムにおいては、上記請求項3の発明の固体高分子型燃料電池システムに加えて、冷却水として凝固点降下剤を混合した不凍液を供給することにより、冷却水に凝固点降下剤が含まれていても、不純物（凝固点降下剤）を含まず電池内で直接反応ガスを適度に加湿することができるため、固体高分子電解質膜や触媒層にダメージを与えることはない。また、冷却水として不凍液を供給できると共に、不凍液から直接反応ガスを加湿できるため、反応ガスを加湿するための純水を貯めておく加湿水タンクが不要となり、外気温が氷点下になるような環境下に置かれた場合でも、システムの凍結によるダメージを受けることはなく、短時間でシステムを起動することができる。

【0038】一方、請求項5の発明では、上記請求項1乃至請求項4のいずれか1項の発明の固体高分子型燃料電池システムにおいて、水だけが選択的に透過する逆浸透膜または限外濾過膜と膜内に浸透した水が膜表面から蒸発する浸透気化膜とからなる複合膜を、浸透気化膜側で撥水性の多孔質体に少なくとも支持するようにしている。

【0039】従って、請求項5の発明の固体高分子型燃料電池システムにおいては、上記複合膜の加湿性能は、薄膜にするほど高くなり、薄くするほどその強度は低下する難点があることから、複合膜を浸透気化膜側で撥水性の多孔質体に少なくとも支持することにより、加湿水または冷却水圧力と反応ガス圧力との差圧に対して、強度を持たせることができる。また、多孔質体は撥水性であるため、浸透気化膜表面から蒸発した水蒸気は多孔質体内部に滞留することなく、速やかに反応ガス側に移動して反応ガスを加湿することができるため、加湿能力は低下することはない。

【0040】また、請求項6の発明では、上記請求項1乃至請求項4のいずれか1項の発明の固体高分子型燃料電池システムにおいて、水だけが選択的に透過する逆浸透膜または限外濾過膜と膜内に浸透した水が膜表面から蒸発する浸透気化膜とからなる複合膜を、逆浸透膜または限外濾過膜側で親水性の多孔質体に少なくとも支持するようにしている。

【0041】従って、請求項6の発明の固体高分子型燃料電池システムにおいては、複合膜を逆浸透膜または限外濾過膜側で親水性の多孔質体に少なくとも支持することにより、加湿水または冷却水圧力と反応ガス圧力との差圧に対して、強度を持たせることができる。また、多孔質体は親水性であるため、逆浸透膜または限外濾過膜の全面を加湿水または冷却水で覆うことができ、浸透気化膜側への水の移動を阻害することはない。

【0042】一方、請求項7の発明では、燃料極および酸化剤極からなる一対のガス拡散電極間に固体高分子電

解質膜を挟持させてなる単電池を、燃料極および酸化剤極に反応ガスである燃料ガスおよび酸化剤ガスを供給するための燃料ガス供給通路および酸化剤ガス供給通路を有するガス不透過性のセパレータ、および冷却媒体が流通する冷却板を介して複数積層して成る固体高分子型燃料電池スタックを備え、燃料ガスとして水素または水素を含有するガスを、酸化剤ガスとして空気を、冷却媒体として凝固点降下剤を水に含有する不凍液をそれぞれ供給して両者の電気化学的反応により発電を行ない電気的出力を発生する固体高分子型燃料電池システムにおいて、固体高分子型燃料電池スタック上流側の燃料ガス供給経路または酸化剤ガス供給経路のうちの少なくとも一方に反応ガス加湿ユニットを設け、反応ガス加湿ユニットは、選択的に水分を透過する水分透過膜を介して冷却媒体と燃料ガスまたは酸化剤ガスとを接触させている。

【0043】従って、請求項7の発明の固体高分子型燃料電池システムにおいては、固体高分子型燃料電池スタックを冷却する冷却媒体に不凍液を用い、この冷却媒体によって反応ガスを直接加湿することにより、反応ガスを加湿するための純水を貯蔵する加湿水タンクが不要となり、外気温が氷点下になるような環境下に置かれた場合でも、システムの凍結によるダメージを受けることはなく、短時間でシステムを起動することができる。

【0044】また、請求項8の発明では、上記請求項7の発明の固体高分子型燃料電池システムにおいて、反応ガス加湿ユニットは、固体高分子型燃料電池スタックに一体化している。

【0045】従って、請求項8の発明の固体高分子型燃料電池システムにおいては、固体高分子型燃料電池スタックと反応ガス加湿ユニットとを一体化としていることにより、余分な配管は必要とせず、コンパクトなシステムとすることができる。

【0046】さらに、請求項9の発明では、上記請求項7の発明の固体高分子型燃料電池システムにおいて、冷却媒体は、固体高分子型燃料電池スタックを通過した後に反応ガス加湿ユニットへ供給するようにしている。

【0047】従って、請求項9の発明の固体高分子型燃料電池システムにおいては、冷却媒体を、固体高分子型燃料電池スタックを通過させた後に反応ガス加湿ユニットへ供給することにより、固体高分子型燃料電池スタックを通過した直後の冷却媒体は最も温度が高く、反応ガスとの熱および水蒸気交換の能力が最も高いことから、より一層多くの水蒸気を反応ガスに供給することができる。

【0048】また、請求項10の発明では、上記請求項7の発明の固体高分子型燃料電池システムにおいて、燃料ガスの排出経路または酸化剤ガスの排出経路のうちの少なくとも一方に、凝縮水をトラップする手段を設け、凝縮水を冷却媒体に供給する手段を設けている。

【0049】従って、請求項10の発明の固体高分子型

10

20

30

40

50

燃料電池システムにおいては、冷却媒体によって反応ガスを加湿すると、冷却媒体中の水分が消費されて不凍液濃度が高くなるため水を補給する必要があることから、固体高分子型燃料電池スタックから排出される未反応の燃料ガスまたは酸化剤ガスから水を凝縮して、これを冷却媒体に直接供給することにより、純水を貯蔵するタンクを必要とせず、不凍液の濃度を一定に保つことができる。

【0050】以上により、外気温が氷点下になるような環境下に置かれた場合でも、システムの凍結によるダメージを受けることはなく、短時間でシステムを起動することができる。

【0051】さらに、請求項11の発明では、上記請求項10の発明の固体高分子型燃料電池システムにおいて、冷却媒体に含まれる凝固点降下剤の濃度が一定となるように、凝縮水の供給量を制御する手段を設けている。

【0052】従って、請求項11の発明の固体高分子型燃料電池システムにおいては、凝縮水の供給量を制御する手段を設けることにより、不凍液の濃度を常に一定レベルに容易に維持することができる。

【0053】以上により、外気温が氷点下になるような環境下に置かれた場合でも、システムの凍結によるダメージを受けることはなく、短時間でシステムを起動することができる。

【0054】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態について図面を参照して詳細に説明する。

【0055】（第1の実施の形態：請求項1に対応）図1は、本実施の形態による固体高分子型燃料電池システムにおける加湿器の構成例を示す断面図である。

【0056】図1において、加湿器1は、サブストレータ2を支持体として、水だけが選択的に透過する逆浸透膜3と膜内に浸透した水が膜表面から蒸発する浸透気化膜4とからなる複合膜8を、反応ガス流通路を設けた反応ガス流通セパレータ5と加湿水流通路を設けた加湿水流通セパレータ6との間に挟持した構成としている。

【0057】また、サブストレータ2側、すなわち逆浸透膜3側に加湿水を、浸透気化膜4側に反応ガスをそれぞれ供給することにより、反応ガスを加湿するようにしている。

【0058】次に、以上のように構成した本実施の形態による加湿器1を備えた固体高分子型燃料電池システムにおいては、水だけが選択的に透過する逆浸透膜3と膜内に浸透した水が膜表面から蒸発する浸透気化膜4とからなる複合膜8を介して、逆浸透膜3側に加湿水を、浸透気化膜4側に反応ガスをそれぞれ供給することで反応ガスを加湿していることにより、加湿水に不純物が混入しても、逆浸透膜3によって不純物の透過を防止でき、水のみを浸透気化膜4に移動することができる。浸透気

化膜4に移動した水は、反応ガス側で蒸発することにより、反応ガスを加湿することができる。

【0059】この時、反応ガスに蒸発する水の量は、反応ガスの温度に応じた飽和水蒸気圧で制限されるため、反応ガス側に過剰な水を押し出すことなく、適量に反応ガスを加湿することができる。

【0060】なお、複合膜8を使用することにより、逆浸透膜3の厚さを限界まで薄くすることができ、水の透過性能を向上することができる。

10 【0061】以上により、不純物を含んだ加湿水を使用しても、不純物を含まず反応ガスを適度に加湿することができるため、固体高分子電解質膜や触媒層にダメージを与えることがなく、電池性能が低下することがなく、長期間安定して運転を行なうことが可能となる。

【0062】ここで、特に本実施の形態では、浸透気化膜4として、平均細孔径1 $\mu$ m、厚さ100 $\mu$ mの多孔質膜を使用する。

20 【0063】また、前記浸透気化膜4表面に、平均細孔径0.005 $\mu$ m、厚さ1 $\mu$ mの逆浸透膜3を形成して複合膜8とする。

【0064】さらに、サブストレータ2は、厚さ350 $\mu$ mのカーボン製の多孔質体とする。

【0065】一方、加湿水として、不純物の多く含む水道水を80℃を使用し、反応ガス圧力に対して50kPa程度高い圧力で、加湿水流通セパレータ6に供給する。反応ガス流通セパレータ5から排出される反応ガスは80℃、相対湿度90%程度まで加湿されることを確認した。また、反応ガスに蒸発した水蒸気に含まれる不純物は、加湿水の不純物に対して1/20以下となっていた。

【0066】図2は、本実施の形態の加湿器1の加湿原理を模式的に示す図である。

【0067】すなわち、本実施の形態の加湿器1では、加湿水に不純物が混入しても、逆浸透膜3により不純物の透過を防止でき、水のみを浸透気化膜4に移動することができる。また、浸透気化膜4に移動した水は、反応ガス側で蒸発することにより、反応ガスを加湿することができる。

40 【0068】この時、浸透気化膜4の加湿水側の圧力を、浸透気化膜4の気孔径から決定される水の毛細管圧力( $\Delta P = 2\sigma \cos \theta / r$  P:毛細管圧力  $\sigma$ :表面張力  $\theta$ :接触角  $r$ :細孔半径)よりも小さく設定することにより、反応ガス側に過剰な水が押し出されことなく、反応ガスの温度に応じた飽和水蒸気圧になるまで水分を反応ガス中に蒸発させることができる。

【0069】なお、本実施の形態では、毛細管圧力は0.22MPa程度である。

50 【0070】本実施の形態の加湿器1により加湿した反応ガスを、固体高分子燃料電池スタックに供給して発電試験を行なった。その結果、従来の多孔質体を介して加



湿水を反応ガスに押し出す加湿器では、2000時間程度の運転で電池抵抗が徐々に増加するのに伴ない電池電圧が低下するのに対して、本実施の形態の加湿器1では、2000時間を超えても電池電圧は低下せず、安定して発電することができた。

【0071】なお、本実施の形態では、不純物を濾過する目的で逆浸透膜3を使用した。不純物の分子が大きい時には、平均細孔径の大きい限外濾過膜を逆浸透膜3の代わりに使用するようにより、加湿水の圧力を低減することができる。

【0072】(第2の実施の形態：請求項2に対応) 本実施の形態では、前述した第1の実施の形態の加湿器1において、加湿水として、水に凝固点降下剤であるエチレングリコールを20%混合した不凍液を供給して、反応ガスを加湿するようにしている。

【0073】次に、以上のように構成した本実施の形態による加湿器1を備えた固体高分子型燃料電池システムにおいては、加湿水として、凝固点降下剤であるエチレングリコールを混合した不凍液を供給して、反応ガスを加湿していることにより、加湿水に凝固点降下剤が含まれていても、不純物(凝固点降下剤)を含まず、固体高分子電解質膜や触媒層にダメージを与えることなしに、反応ガスを適度に加湿することができる。

【0074】すなわち、前述した第1の実施の形態の加湿器1において、反応ガスに加湿された蒸気の中には、殆どエチレングリコールは含まれていなかったが、これは同実施の形態で説明したように、逆浸透膜3がエチレングリコールの透過を抑制したためである。

【0075】本実施の形態では、加湿水にエチレングリコールが含まれていても、反応ガスにはメタノールが含まれず、固体高分子電解質膜や触媒層にダメージを与えることなしに、反応ガスを適度に加湿することができる。

【0076】また、加湿水として不凍液を供給できると共に、不凍液から直接反応ガスを加湿できるため、反応ガスを加湿するための純水を貯めておく加湿水タンクが不要となり、外気温が氷点下になるような環境下に置かれた場合でも、システムの凍結によるダメージを受けることはなく、短時間でシステムを起動することが可能となる。

【0077】(第3の実施の形態：請求項3に対応) 図3は、本実施の形態による固体高分子型燃料電池システムにおける直接内部加湿構造を有する固体高分子型燃料電池スタックの基本構成例を示す模式断面図であり、図1および図8と同一要素には同一符号を付して示している。

【0078】図3において、固体高分子型燃料電池は、イオン導電性を有する固体高分子電解質膜を、2枚のガス拡散電極であるアノード電極およびカソード電極で挟持してなる単位電池101を、燃料ガス供給通路105

aおよび酸化剤ガス供給通路106aをそれぞれ設けた導電性を有するガス不透過性の燃料ガス供給通路付きセパレータ105および酸化剤ガス供給通路付きセパレータ106で挟み、さらに燃料ガス供給側のセパレータ105には、逆浸透膜3と浸透気化膜4との複合膜8をサブストレータ2に支持した加湿板を介して冷却水流通路105bを形成した冷却水供給板7を配置した構成としている。

【0079】ここで、燃料ガス供給通路付きセパレータ105は、水蒸気が透過できる多孔質体で形成している。

【0080】次に、以上のように構成した本実施の形態の固体高分子型燃料電池スタックを備えた固体高分子型燃料電池システムにおいては、燃料ガス供給通路105aまたは酸化剤ガス供給通路106aのうちの少なくとも一方の反応ガス供給通路と冷却水供給板7に形成された冷却水流通路105bとを、水だけが選択的に透過する逆浸透膜3と膜内に浸透した水が膜表面から蒸発する浸透気化膜4とからなる複合膜8により隔離し、逆浸透膜3側に冷却水を、浸透気化膜4側に反応ガスをそれぞれ供給することで反応ガスを加湿していることにより、冷却水を循環方式として水の品質を管理しなくても、加湿水に不純物が混入しても、逆浸透膜3によって不純物の透過を防止でき、水のみを浸透気化膜4に移動することができるため、固体高分子電解質膜や触媒層への不純物吸着を抑制でき、長期間安定した電池出力を得ることができる。

【0081】また、電池本体に供給する反応ガスをあらかじめ加湿する必要がなく、冷却水の特別な水管理も必要とせず、システムを簡素化、コンパクト化することができ、製造コストも低減することができる。

【0082】さらに、加湿水の圧力を制御する必要がないため、固体高分子型燃料電池発電システムの制御が容易となり、しかも負荷変動に対しても安定した電池出力を得ることができる。

【0083】さらにまた、電池本体内のそれぞれの単位電池101近傍で水が蒸発するため、電池を潜熱冷却できるため、電池温度を均一に維持でき、長期間安定した電池出力を得ることができる。

【0084】ここで、特に本実施の形態では、複合膜8は、平均細孔径1 $\mu$ m、厚さ100 $\mu$ mの浸透気化膜4の表面に、平均細孔径0.005 $\mu$ m、厚さ0.5 $\mu$ mの逆浸透膜3を形成した膜とする。

【0085】また、サブストレータ2は、厚さ180 $\mu$ mのカーボン製の多孔質体とする。

【0086】さらに、冷却水は、電池入口温度を80 $^{\circ}$ Cとし、反応ガス圧力に対して30kPa程度高い圧力で、冷却水供給板7に供給する。

【0087】なお、冷却水は循環方式として、冷却水循環システムには濾過器等を設置せず水質確保を行わない。

【0088】本実施の形態の固体高分子燃料電池スタックの発電試験を行なった。その結果、従来の多孔質体を介して冷却水を反応ガスに押し出す構造の燃料電池スタックでは、2500時間程度の運転で電池抵抗が徐々に増加するのに伴ない電池電圧が低下するのに対して、本実施の形態の構成の燃料電池スタックでは、2500時間を超えても電池電圧は低下せず、安定して発電することができた。

【0089】（第4の実施の形態：請求項4に対応）本実施の形態では、前述した第3の実施の形態の固体高分子燃料電池システムにおいて、冷却水として、水に凝固点降下剤であるエチレングリコールを20%混合した不凍液を供給して、反応ガスを水蒸気加湿するようにしている。

【0090】次に、以上のように構成した本実施の形態による加湿器1を備えた固体高分子型燃料電池システムにおいては、冷却水として、凝固点降下剤であるエチレングリコールを混合した不凍液を供給していることにより、冷却水に凝固点降下剤が含まれていても、不純物（凝固点降下剤）を含まず、電池内で直接反応ガスを適度に加湿することができるため、固体高分子電解質膜や触媒層にダメージを与えることはない。

【0091】本実施の形態の固体高分子型燃料電池システムにおいても、2500時間以上電池電圧は安定して運転することができた。これは、冷却水にエチレングリコール（凝固点降下剤）が含まれていても、エチレングリコールを含まず電池内で直接反応ガスを適度に加湿することができることを示している。

【0092】以上により、冷却水として不凍液を使用できるため、外気温が氷点下になるような環境下に置かれた場合でも、冷却水配管内または冷却水流通路内の冷却水は凍結することはない。

【0093】また、冷却水として不凍液を供給できると共に、不凍液から直接反応ガスを加湿できるため、反応ガスを加湿するための純水を貯めておく加湿水タンクが不要となり、外気温が氷点下になるような環境下に置かれた場合でも、システムの凍結によるダメージを受けることはなく、短時間でシステムを起動することができる。

【0094】（第5の実施の形態：請求項5に対応）図4は、本実施の形態による固体高分子型燃料電池システムにおける加湿器の構成例を示す断面図であり、図1と同一要素には同一符号を付してその説明を省略し、ここでは異なる部分についてのみ述べる。

【0095】すなわち、本実施の形態の加湿器1は、前述した第1の実施の形態の加湿器1において、サブストレータ2を複合膜8の浸透気化膜4側に配置した構成としている。

【0096】ここで、複合膜8を浸透気化膜4側で支持するサブストレータ2を、例えばポリテトラフルオロエ

チレン（PTFE）にて撥水处理している。

【0097】次に、以上のように構成した本実施の形態による加湿器1を備えた固体高分子型燃料電池システムにおいては、複合膜8の加湿性能は、薄膜にするほど高くなり、薄くするほどその強度は低下する難点があることから、複合膜8を浸透気化膜4側で撥水处理したサブストレータ2に支持していることにより、加湿能力の低下を伴わず、加湿水または冷却水圧力と反応ガス圧力との差圧に対して強度を持たせる、すなわち耐差圧強度を高くすることができる。

【0098】すなわち、撥水处理したサブストレータ2と撥水处理しないサブストレータ2とで、加湿器1の加湿能力を比較したところ、初期はいずれも同等であったが、撥水处理をしないサブストレータ2を備えた加湿器1では、経時的に加湿能力が低下したのに対して、撥水处理したサブストレータ2を備えた本実施の形態の加湿器1では、加湿能力の低下は見られなかった。

【0099】これは、撥水处理しないサブストレータ2では、浸透気化膜4から気化した水蒸気がサブストレータ2内で凝集するため、蒸発速度が遅くなることが原因であると考えられる。

【0100】一方、撥水处理したサブストレータ2では、水蒸気がスムーズに蒸発するため、加湿能力が低下しないものと考えられる。

【0101】（第6の実施の形態：請求項6に対応）本実施の形態では、前述した第1の実施の形態の加湿器1において、複合膜8を逆浸透膜4側でサブストレータ2に支持した構成としている。

【0102】ここで、複合膜8を逆浸透膜3側で支持するサブストレータ2を、例えば0.01%の界面活性剤の水溶液に浸漬して親水处理している。

【0103】次に、以上のように構成した本実施の形態による加湿器1を備えた固体高分子型燃料電池システムにおいては、親水处理したサブストレータ2で複合膜8の逆浸透膜4側を支持していることにより、加湿能力の低下を伴わず、加湿水または冷却水圧力と反応ガス圧力との差圧に対して強度を持たせる、すなわち耐差圧強度を高くすることができる。

【0104】すなわち、親水处理したサブストレータ2と親水处理しないサブストレータ2とで、加湿器1の加湿能力を比較したところ、親水处理したサブストレータ2を備えた本実施の形態の加湿器1の加湿能力は、親水处理をしないサブストレータ2を備えた加湿器1と比較して20%程度高かった。

【0105】これは、親水处理したサブストレータ2では、加湿水が十分サブストレータ2内の気孔に浸透して、逆浸透膜3の有効面積が増加したことによると考えられる。

【0106】また、サブストレータ2は親水性であるため、逆浸透膜3の全面を加湿水または冷却水で覆うこと

10

20

30

40

50

ができ、浸透気化膜4側への水の移動を阻害することはない。

【0107】(第7の実施の形態:請求項7、請求項9、請求項10、請求項11に対応)図5は、本実施の形態による固体高分子型燃料電池スタックを備えた固体高分子型燃料電池システムの構成例を示す模式図である。

【0108】図5において、一対のガス拡散電極であるアノード電極およびカソード電極間に固体高分子電解質膜を挟持させてなる単電池を、アノード電極およびカソード電極に反応ガスである燃料ガスおよび酸化剤ガスを供給するための燃料ガス供給通路および酸化剤ガス供給通路を有するガス不透過性のセパレータ、および冷却媒体が流通する冷却水供給板を介して複数積層して成る固体高分子型燃料電池スタック(以下、燃料電池本体と称する)11に対し、燃料ガスとして水素または水素を含有するガスを、酸化剤ガスとして空気をそれぞれ供給する燃料ガス供給部12および空気供給部13を設けている。

【0109】また、空気供給部13と燃料電池本体11との間の配管途中には、反応ガスを加湿するための反応ガス加湿ユニット14を設けている。

【0110】ここで、反応ガス加湿ユニット14には、例えば図6に示すように、前述した第1の実施の形態に示した選択的に水分を透過する複合膜(水分透過膜)14aがセットされており、この水分透過膜14aを介して冷却媒体と酸化剤ガスである空気とを接触させて、冷却媒体の水分のみが空気に移動して加湿が行なわれるようにしている。

【0111】一方、燃料電池本体11を冷却するために、凝固点降下剤であるエチレングリコールを20%水に含有する不凍液を、冷却媒体として冷却ライン15を循環させている。

【0112】また、冷却ライン15には、水ポンプ16、タンク17、熱交換器18を設けている。

【0113】ここで、燃料電池本体11から排出される冷却媒体は、燃料電池本体11を通過した後に、反応ガス加湿ユニット14へ供給するようにしている。

【0114】一方、酸化剤ガス排出経路である空気排ガスラインには、凝縮水をトラップする手段、および凝縮水をタンク17に回収し冷却媒体として供給するラインを設け、さらに冷却媒体に含まれる凝固点降下剤の濃度が一定となるように、凝縮水の回収量をコントロールするバルブ19を設けている。

【0115】ここで、バルブ19のコントロールは、タンク17の不凍液濃度を測定して、この濃度が20%一定となるように、バルブ制御部20で設定するようにしている。

【0116】なお、図5では、本発明に直接関係のない、流量計、逆止弁、制御系等は、その図示および説明

を省略している。

【0117】次に、以上のように構成した本実施の形態による固体高分子型燃料電池スタックを備えた固体高分子型燃料電池システムにおいては、燃料電池本体11を冷却する冷却媒体に不凍液を用い、燃料電池本体11出口の冷却媒体によって反応ガスを直接加湿していることにより、反応ガスを加湿するための純水を貯蔵する加湿水タンクが不要となり、システムを簡素化することができる。

【0118】また、固体高分子型燃料電池システムの停止中に、環境温度が氷点下になるような環境下に置かれた場合でも、冷却媒体は凍結せず配管の破損が起らず、システムの凍結によるダメージを受けることはない。

【0119】さらに、氷点下からでも、システムを短時間で速やかに起動することができる。

【0120】一方、冷却媒体を、燃料電池本体11を通過させた後に反応ガス加湿ユニット14へ供給していることにより、燃料電池本体11を通過した直後の冷却媒体は最も温度が高く、反応ガスとの熱および水蒸気交換の能力が最も高いことから、より一層多くの水蒸気を反応ガスに供給することができる。

【0121】また、冷却媒体によって反応ガスを加湿すると、冷却媒体中の水分が消費されて不凍液濃度が高くなるため水を補給する必要があることから、燃料電池本体11から排出される未反応の酸化剤ガスから水を凝縮して、これを冷却媒体に直接供給していることにより、純水を貯蔵するタンクを必要とせず、不凍液の濃度を一定に保つことができる。

【0122】さらに、凝縮水の供給量を制御する手段19、20を設けていることにより、不凍液の濃度を常に一定レベルに容易に維持することができる。

【0123】ここで、特に本実施の形態では、固体高分子型燃料電池システムを-20℃の環境下で1日置きに20回の起動/停止操作を行なったが、電池特性の低下は見られなかった。また、冷却媒体の凍結は起こらず、配管等の破損は確認されなかった。さらに、運転中は、冷却水の不凍液濃度が一定値を維持するように凝縮水供給用のバルブ19をコントロールできた。

【0124】なお、反応ガス加湿ユニット14に、燃料電池本体11に供給する前の冷却媒体を供給するようにしても同様の効果は得られるが、燃料電池本体11出口の冷却水蓄加湿ユニットに供給することにより、より一層大きな加湿能力を得ることができる。

【0125】(第8の実施の形態:請求項8に対応)図7は、本実施の形態による固体高分子型燃料電池スタックを備えた固体高分子型燃料電池システムの構成例を示す模式図であり、図5と同一要素には同一符号を付してその説明を省略し、ここでは異なる部分についてのみ述べる。

【0126】すなわち、本実施の形態の固体高分子型燃料電池システムでは、前述した第7の実施の形態の反応ガス加湿ユニット14を、燃料電池本体11に一体化した構成としている。

【0127】次に、以上のように構成した本実施の形態による固体高分子型燃料電池スタックを備えた固体高分子型燃料電池システムにおいては、燃料電池本体11と反応ガス加湿ユニット14とを一体化していることにより、余分な接続配管およびその保温が不要となり、システムをコンパクト化することができる。

【0128】また、反応ガス加湿ユニット14が燃料電池本体11の熱で保温されるため、反応ガス加湿ユニット14の能力を最大限に引き出すことができる。

【0129】ここで、特に本実施の形態では、固体高分子型燃料電池システムを、前述した第7の実施の形態と同様の評価を行ない、同様の効果を得ることができた。

【0130】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の固体高分子型燃料電池システムによれば、不純物を含む加湿水で反応ガスを加湿しても、反応ガスは不純物に汚染されることがないため、固体高分子電解質膜や触媒層にダメージを与えることなしに反応ガスを適度に加湿することができ、電池性能を長期間安定して運転することが可能となる。

【0131】また、凝固点降下剤を水に含有する不凍液を冷却媒体として使用し、この冷却媒体により反応ガスを加湿するようにしているため、固体高分子型燃料電池システムをコンパクトにすることが可能となる。

【0132】さらに、不凍液から直接反応ガスを加湿できるため、反応ガスを加湿するための純水を貯めておく加湿水タンクが不要となり、外気温が氷点下になるような環境下に置かれた場合でも、システム内の水分は凍結することがないため、反応ガスの詰まり、配管の破裂等システムにダメージを与えずに、システムを短時間で起動することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施の形態による固体高分子型燃料電池システムにおける加湿器の構成例を示す断面図。

【図2】同第1の実施の形態による固体高分子型燃料電池システムにおける加湿器の加湿原理を模式的に示す図。

【図3】本発明の第3の実施の形態による固体高分子型燃料電池システムにおける直接内部加湿構造を有する固体高分子型燃料電池スタックの基本構成例を示す模式断面図。

【図4】本発明の第5の実施の形態による固体高分子型

燃料電池システムにおける加湿器の構成例を示す断面図。

【図5】本発明の第7の実施の形態による固体高分子型燃料電池システムの構成例を示す模式図。

【図6】同第7の実施の形態による固体高分子型燃料電池システムにおける反応ガス加湿ユニットの加湿原理を模式的に示す図。

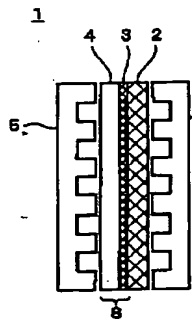
【図7】本発明の第8の実施の形態による固体高分子型燃料電池システムの構成例を示す模式図。

【図8】従来の固体高分子型燃料電池における固体高分子型燃料電池スタックの基本構成（単位電池構成）の一例を示す模式断面図。

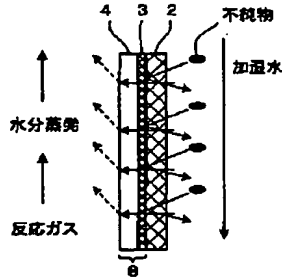
【符号の説明】

- 1…加湿器、
- 2…サブストレート、
- 3…逆浸透膜、
- 4…浸透気化膜、
- 5…反応ガス流通セパレータ、
- 6…加湿水流通セパレータ、
- 7…冷却水供給板、
- 8…複合膜、
- 11…固体高分子型燃料電池スタック（燃料電池本体）、
- 12…燃料ガス供給部、
- 13…空気供給部、
- 14…反応ガス加湿ユニット、
- 14a…複合膜（水分透過膜）、
- 15…冷却ライン、
- 16…水ポンプ、
- 17…タンク、
- 18…熱交換器、
- 19…バルブ、
- 20…バルブ制御部、
- 101…単位電池、
- 102…固体高分子電解質膜、
- 103…アノード電極、
- 103a…アノード触媒層、
- 103b…アノード多孔質カーボン平板、
- 104…カソード電極、
- 104a…カソード触媒層、
- 104b…カソード多孔質カーボン平板、
- 105…燃料ガス供給通路付きセパレータ、
- 105a…燃料ガス供給通路、
- 105b…冷却水流通路、
- 106…酸化剤ガス供給通路付きセパレータ、
- 106a…酸化剤ガス供給通路。

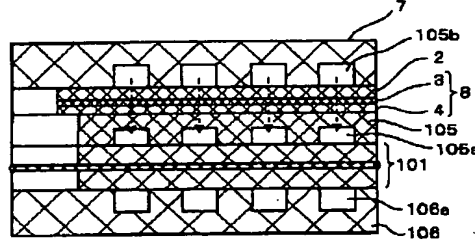
【図1】



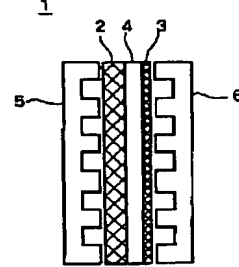
【図2】



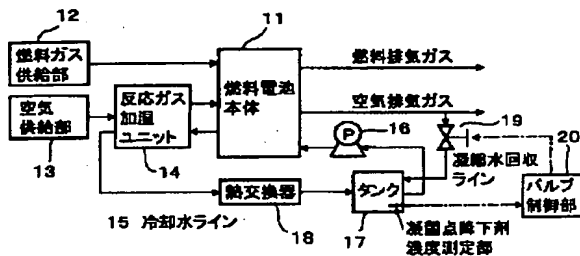
【図3】



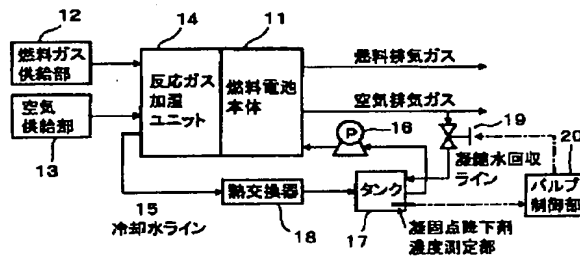
【図4】



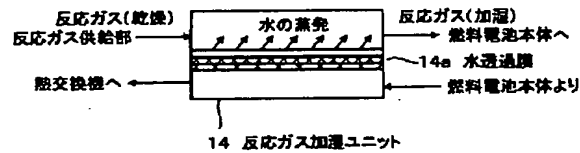
【図5】



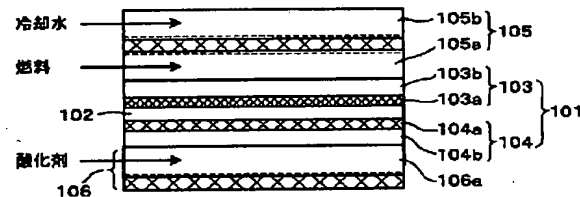
【図7】



【図6】



【図8】



フロントページの続き

(72)発明者 霜鳥 宗一郎  
神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株  
式会社東芝研究開発センター内  
(72)発明者 大間 敦史  
神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株  
式会社東芝研究開発センター内

(72)発明者 宗内 篤夫  
神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株  
式会社東芝研究開発センター内  
(72)発明者 堀 美知郎  
神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株  
式会社東芝研究開発センター内

Fターム(参考) 5H026 AA06 CX04  
5H027 AA06 CC06